PIBS # 4448f01

MARCHE À SUIVRE POUR DÉSINFECTER L'EAU POTABLE EN ONTARIO

Document adopté par référence
(*Procedure for Disinfection of Drinking Water in Ontario*)
au moyen du Règlement de l'Ontario 170/03, pris en application de la *Loi sur la salubrité de l'eau potable*

Première version : 16 avril 2003

Première révision : 1er juin 2003

Deuxième révision : 4 juin 2006

PIBS 4448f01

Protéger notre environnement. Ontario

TABLE DES MATIÈRES

PRÉAMBULE III

1. DÉSINFECTION DE L'EAU POTABLE 1

1.1 Introduction 1

1.2 Conception et construction d'installations de désinfection primaire 1

2. RÈGLES RELATIVES À L'ÉLIMINATION DES AGENTS PATHOGÈNES 2

2.1 Eaux souterraines 2

2.2 Eaux de surface et eaux souterraines sous l'action directe d'une eau de surface 3

3. DÉSINFECTION PRIMAIRE 5

3.1 Désinfection chimique 6
3.1.1 Le concept de désinfection « CT » 8

3.2 Désinfection au rayonnement ultraviolet (UV) 9
3.2.1 Eaux souterraines 10
3.2.2 Eaux de surface et eaux souterraines sous l'action directe d'une eau de surface 10

3.3 Autres désinfectants 11

3.4 Pouvoir d'abattement attribué aux divers procédés de filtration 11

3.4.1 Filtration conventionnelle 12
3.4.2 Filtration directe 13
3.4.3 Filtration lente sur sable 13
3.4.4 Filtration sur diatomées 13
3.4.5 Filtration au moyen de cartouches ou de sacs filtrants 14
3.4.6 Filtration sur membrane 15
3.4.7 Autres techniques de filtration 15

4. DÉSINFECTION SECONDAIRE (MAINTIEN D'UNE TENEUR EN CHLORE RÉSIDUEL) 16

5. DÉSINFECTION DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION D'EAU APRÈS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION OU DE RÉPARATION 17

6. SURVEILLANCE 17

6.1 Désinfection primaire 17
6.1.1 Désinfection au moyen de chlore libre résiduel 18

6.1.2 Désinfection au moyen de dioxyde de chlore résiduel 19
6.1.3 Désinfection au moyen de monochloramine résiduelle 19
6.1.4 Désinfection au rayonnement ultraviolet 19
6.1.5 Turbidité 19

6.2 Maintien d'un agent désinfectant résiduel dans le réseau de distribution 20

7. SOUS-PRODUITS DE LA DÉSINFECTION 20

TABLEAU 1 22

TABLEAU 2 23

TABLEAU 3 24

TABLEAU 4 25

TABLEAU 5 26

TABLEAU 6 27

TABLEAU 7 28

TABLEAU 8 28

TABLEAU 9 28

TABLEAU 10 29

TABLEAU 11 29

TABLEAU 12 29

TABLEAU 13 30

TABLEAU 14 30

PRÉAMBULE

La présente marche à suivre est rattachée aux lois et aux règlements de l'Ontario se rapportant à l'eau potable et particulièrement aux traitements et prétraitements qui pourraient être requis pour garantir une eau bien désinfectée, que l'on peut boire sans crainte.

Notons que la présente marche à suivre est adoptée, par référence, sous le titre de *Procedure for Disinfection of Drinking Water in Ontario*, au moyen du Règlement de l'Ontario 170/03 (*Réseaux d'eau potable*) pris en application de la *Loi de 2002 sur la salubrité de l'eau potable*. Il y est fait mention aux dispositions des annexes 1 et 2 du Règlement 170/03, qui ont trait aux règles relatives à la désinfection primaire et à la désinfection secondaire. La présente marche à suivre remplace et annule le document du ministère de l'Environnement intitulé *Méthode B13-3 : Chloration de l'eau potable en Ontario* (janvier 2001).

Les règles que prescrit le Règlement 170/03, relativement à la présente marche à suivre, sont essentiellement celles-ci :

- Tous les réseaux d'eau potable municipaux, ainsi que tous les réseaux d'eau potable non municipaux régis par le Règlement 170/03, tenus de garantir un degré minimum de traitement doivent effectuer un traitement qui consiste au minimum en une désinfection, si l'eau brute provient d'une nappe souterraine.

- Tous les réseaux d'eau potable régis par le Règlement 170/03 qui obtiennent leur eau brute soit d'un plan d'eau de surface, soit d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface, doivent garantir un traitement minimum consistant en une filtration assistée d'un procédé chimique et en une désinfection, ou en un autre traitement capable de produire une eau de qualité égale ou supérieure.

- Toute l'eau qui entre dans un réseau de distribution, après avoir subi un traitement la rendant potable, doit contenir un agent désinfectant résiduel qui persiste dans tout le réseau de distribution, à moins qu'un traitement dit « au point d'entrée » soit utilisé conformément aux dispositions du Règlement 170/03.

- Il faut bien surveiller l'efficacité du traitement que subit l'eau brute pour la rendre potable.

Ces règles sont imposées pour les raisons suivantes : éliminer ou rendre inactifs, de façon satisfaisante, les organismes pathogènes qui pourraient être présents dans l'eau; prévenir toute nouvelle contamination de l'eau présente dans le réseau de distribution; maintenir la qualité de l'eau dans tout le réseau de distribution.

Le procédé de désinfection est le moyen clé d'atteindre ces objectifs et ce sont ses limitations qui déterminent s'il faut effectuer un traitement préalable ou un traitement ultérieur. Par « procédé de désinfection », il faut donc entendre tout le traitement qui est nécessaire pour bien désinfecter l'eau, y compris un traitement préalable ou ultérieur si celui-ci est requis.

La présente marche à suivre est établie pour que de nouvelles difficultés d'ordre microbiologique, ainsi que l'évolution des techniques et méthodes de traitement, soient prises en ligne de compte lorsqu'on conçoit de nouveaux réseaux de distribution d'eau potable et lorsqu'on modernise, agrandit ou entretient des réseaux qui existent déjà.

1. DÉSINFECTION DE L'EAU POTABLE

1.1 Introduction

Le présent document décrit les méthodes associées :

- à la désinfection primaire, dont tout traitement préalable qui est nécessaire pour éliminer ou rendre inactifs, de façon satisfaisante, les agents pathogènes présents dans l'eau brute;

- au maintien d'une concentration résiduelle d'un agent désinfectant dans le réseau de distribution (désinfection secondaire);

- au maintien des sous-produits de la désinfection sous un seuil déterminé;

- à la désinfection requise après la construction ou la réparation d'un réseau de distribution d'eau ou d'une partie de celui-ci.

Il faut bien faire la distinction entre la désinfection primaire et la désinfection secondaire : ce sont souvent deux procédés entièrement distincts, qui donnent des résultats différents. La désinfection primaire a pour but de purifier l'eau avant qu'elle puisse atteindre le premier branchement au réseau de distribution (c.-à-d. la première personne branchée au réseau). La désinfection secondaire a pour but de maintenir une concentration résiduelle d'un agent désinfectant dans tout le réseau de distribution.

1.2 Conception et construction d'installations de désinfection primaire

La conception et la construction d'installations de désinfection primaire et secondaire devraient normalement correspondre aux critères exposés dans le document *Recommended Standards for Water Works* (« *Ten State Standards* »), publié par le Great Lakes-Upper Mississippi River Board of State et les Provincial Public Health and Environmental Managers (dont fait partie l'Ontario), ou aux critères stipulés par le ministère de l'Environnement lorsque celui-ci a approuvé un plan de conception différent.

Les modes de conception qui sont recommandés dans le document *Ten State Standards* reposent sur des principes d'ingénierie éprouvés, mais les caractéristiques particulières d'un réseau pourraient nécessiter qu'on s'en écarte. En tel cas, les recommandations du document devraient plutôt servir de lignes directrices dans le cadre des lois et règlements de l'Ontario.

Lorsque le ministère de l'Environnement étudie une demande d'approbation d'un réseau d'eau potable, il se fonde entre autres sur les modes de conception recommandés dans le document *Ten State Standards*, ceux-ci étant considérés comme de bons principes d'ingénierie. Il se pourrait donc que le demandeur ait à montrer que son plan traite bien tel ou tel mode de conception exposé dans le document *Ten State Standards*.

Le document *Ten State Standards* renferme aussi des recommandations en ce qui concerne les procédés administratifs, les déclarations de principe et les règles relatives à la production de

rapports (dont les « rapports d'ingénieur » prescrits à l'annexe 20 du Règlement 170/03). Bien que ces recommandations représentent de bons principes et de bonnes pratiques, il est important de noter que les lois, règlements, principes, politiques et procédés établis en Ontario doivent prévaloir en tout temps.

On sait que le document *Ten State Standards* se rapporte essentiellement à la distribution publique d'eau potable, ce qui sous-entend des réseaux de distribution habituellement d'assez grandes dimensions. De nombreux principes et de nombreuses normes recommandées dans le document ont toutefois un certain rapport avec même les plus petits réseaux d'eau potable. Le concepteur d'un réseau d'eau potable ne nécessitant pas une approbation du ministère et l'ingénieur chargé de rédiger un « rapport d'évaluation technique » (annexe 21 du Règlement 170/03) devraient certes tenir compte des recommandations du document *Ten State Standards*, mais ils devraient également utiliser leur savoir-faire pour voir si elles sont pertinentes dans le contexte particulier des installations qu'ils doivent concevoir ou évaluer.

Les directives que renferme la présente marche à suivre sont d'une importance fondamentale pour concevoir ou examiner les procédés de traitement qu'emploient tous les réseaux de distribution d'eau potable, des plus petits aux plus grands.

2. RÈGLES RELATIVES À L'ÉLIMINATION DES AGENTS PATHOGÈNES

En Ontario, les règles relatives à la désinfection de l'eau (et le traitement préalable à la désinfection lorsqu'il est nécessaire) sont établies d'après la nature de l'eau brute que l'on purifiera pour la rendre potable. La conception des procédés de traitement doit donc tenir compte de la caractérisation, de la variabilité et de la vulnérabilité de l'eau brute. Il importe d'examiner individuellement toutes les sources d'eau brute, en mesurant les paramètres de qualité pertinents et en utilisant, lorsqu'on effectue une désinfection chimique, les tableaux[1] des relations entre la concentration du désinfectant et le temps de réaction (CT) pour déterminer la dose appropriée de l'agent désinfectant. Sont décrites, à la section 2, les règles relatives à la désinfection (primaire) selon les caractéristiques de l'eau brute, les variations étant fondées sur la vulnérabilité de l'eau brute, ainsi que les règles se rapportant à un traitement en amont de la désinfection (filtration) lorsqu'il est requis.

2.1 Eaux souterraines

Aux fins du présent document, « eau brute souterraine » s'entend d'une eau provenant d'une formation aquifère recouverte d'un milieu filtrant capable d'enlever des microorganismes et d'autres particules, par filtrage ou effet antagoniste, à un point tel que l'eau est peut-être déjà potable, mais nécessite une désinfection comme précaution additionnelle, sauf si le directeur a donné, en vertu de la *Loi sur la salubrité de l'eau potable*, une autorisation spéciale dispensant d'observer les règles relatives au traitement de l'eau, ou si les conditions d'une exemption ont été remplies conformément au Règlement de l'Ontario 170/03 (*Réseaux d'eau potable*).

[1] Voir, à la sous-section 3.1.1, la définition de « CT » et des concepts y afférents.

Le traitement d'une eau brute souterraine doit consister, au minimum, en une désinfection capable d'éliminer ou d'inactiver au moins 99 % (abattement de 2 log) des virus avant que l'eau soit livrée au premier consommateur (avant qu'elle atteigne le premier branchement d'eau). À titre d'exemple, pour une eau souterraine d'un pH de 7 à 8 et d'une température de 7 à 10 °C, on peut observer cette règle au moyen d'une teneur en chlore résiduel minimale de 0,2 mg/l, mesurée en chlore libre, après un temps de réaction de 15 minutes représentant T_{10} à un débit maximal. Pour une eau souterraine dont les caractéristiques ne correspondent pas à cette plage de pH ou de température, il pourrait être nécessaire d'avoir une valeur CT supérieure pour supprimer 99 % des virus.

2.2 Eaux de surface et eaux souterraines sous l'action directe d'une eau de surface

Par « eau de surface »[2], il faut entendre les nappes d'eau (lacs, zones humides, étangs, mares-réservoirs), les cours d'eau (rivières, ruisseaux, fossés de drainage remplis d'eau), les fossés d'infiltration et les zones humides saisonnières.

Des eaux souterraines sont dites « sous l'action directe d'une eau de surface » lorsqu'elles subissent une filtration souterraine incomplète ou irrégulière et lorsqu'elles subissent une infiltration par des eaux de précipitation. D'après le Règlement 170/03, les réseaux d'eau potable suivants sont considérés comme des réseaux dont l'eau brute est une « eau souterraine sous l'action directe d'une eau de surface » :

- Les réseaux dont l'eau brute provient d'un puits autre qu'un puits foré à la sondeuse ou d'un puits qui n'est pas muni d'un tubage étanche jusqu'à une profondeur de plus de 6 mètres sous le niveau du sol.

- Les réseaux dont l'eau brute provient d'une galerie d'infiltration.

- Les réseaux qui sont incapables de distribuer de l'eau à un débit supérieur à 0,58 litre par seconde et dont l'eau brute provient d'un puits dont une partie quelconque se trouve dans un rayon de 15 mètres autour d'une eau de surface.

- Les réseaux qui sont capables de distribuer de l'eau à un débit supérieur à 0,58 litre par seconde et dont l'eau brute provient d'un puits creusé dans le mort-terrain et dont une partie quelconque se trouve dans un rayon de 100 mètres autour d'une eau de surface.

- Les réseaux qui sont capables de distribuer de l'eau à un débit supérieur à 0,58 litre par seconde et dont l'eau brute provient d'un puits creusé dans la roche-mère et dont une partie quelconque se trouve dans un rayon de 500 mètres autour d'une eau de surface.

- Les réseaux qui présentent des signes de contamination par des eaux de surface.

---

[2] Lorsqu'on mise sur un système « à multiples barrières de protection » pour fournir une eau que l'on peut boire sans danger pour la santé, la première barrière consiste à choisir (et à protéger) une eau brute de haute qualité et exploitable en quantité suffisante. Dans un tel contexte, de nombreux plans d'eau de surface ne conviennent pas comme eau brute à traiter, mais ils sont inclus dans la description car ils risquent d'avoir un effet sur des eaux souterraines.

- Les réseaux à l'égard desquels un ingénieur ou un hydrogéologue a rédigé un rapport concluant, motifs à l'appui, que leur source d'approvisionnement en eau brute est constituée d'eaux souterraines soumises à l'action directe d'une eau de surface.

Les réseaux dont l'eau brute provient soit d'un plan d'eau de surface, soit d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface, doivent produire une eau d'une qualité égale ou supérieure à celle qui est obtenue au moyen d'une filtration assistée d'un procédé chimique, suivie d'une désinfection. Ce traitement doit pouvoir éliminer ou inactiver au moins 99 % (abattement de 2 log) des oocystes de *Cryptosporidium*, au moins 99,9 % (abattement de 3 log) des kystes de *Giardia* et au moins 99,99 % (abattement de 4 log) des virus avant que l'eau soit livrée au premier consommateur (avant qu'elle atteigne le premier branchement d'eau).

Il faut obtenir un abattement des kystes de *Giardia* d'au moins 0,5 log et des virus d'au moins 2 log dans la partie « désinfection » de tout l'ensemble du traitement de l'eau.

Les modes de filtration directe, de filtration conventionnelle et de filtration assistée d'un procédé chimique, et la filtration lente sur sable et les procédés de désinfection utilisés conformément aux sous-sections 3.4.1, 3.4.2 et 3.4.3, auxquels on a attribué un pouvoir d'abattement des kystes de *Giardia* de 3 log (99,9 %), seront aussi considérés comme ayant un pouvoir d'abattement des oocystes de *Cryptosporidium* de l'ordre de 2 log (99 %). Lorsque la désinfection primaire est réalisée au moyen d'un traitement au chlore, le pouvoir d'abattement de *Cryptosporidium* de 2 log qui est attribué à ces procédés de filtration parce qu'on estime que le chlore, à une dose et à un temps de réaction convenables, est essentiellement inefficace contre les oocystes de *Cryptosporidium*.

Dans le cas d'une filtration sur membrane ou par cartouche filtrante, ou d'autres modes de filtration qui n'exploitent que les caractéristiques physiques du milieu filtrant, un pouvoir d'abattement des oocystes de *Cryptosporidium* de 2 log ne peut être attribué qu'aux procédés qui ont été mis à l'essai et qu'un organisme d'essais indépendant ou que le « directeur » (le ministère de l'Environnement) a confirmé être capables d'éliminer ou d'inactiver 99 % (2 log) des oocystes de *Cryptosporidium* et des particules auxiliaires.

Il pourrait être nécessaire d'atteindre un nombre accru de logarithmes d'abattement pour une eau brute lorsqu'on a constaté la présence d'eaux d'égout ou d'une autre pollution microbienne (eaux de ruissellement liées à l'élevage d'animaux ou à l'entreposage et à l'application de fumier, etc.).

Le nombre supérieur de logarithmes d'abattement ou d'inactivation qu'il faudrait garantir peut aussi être déterminé en fonction de la teneur en agents pathogènes de l'eau brute. Bien que cette méthode puisse donner des erreurs, elle peut néanmoins être un bon outil de conception d'un traitement lorsqu'elle est planifiée et utilisée avec grand soin[3]. Lorsqu'un réseau d'eau potable doit obtenir l'approbation du ministère, ces préoccupations devraient être abordées plus en détail, au cours de la consultation préliminaire avec le ministère, afin de déterminer les sources de la contamination microbienne.

[3] Se reporter aux guides de la United States Environmental Protection Agency (USEPA) intitulés *Long Term 1 Enhanced Surface Water Treatment Rule* et *Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule*.

Pour les réseaux d'eau potable qui nécessitent l'approbation du ministère et dont l'eau brute provient d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface, le directeur chargé des approbations pourrait déterminer qu'une simple désinfection est capable de produire une eau de qualité égale à celle qui subirait un traitement plus poussé (filtration et désinfection), pourvu que les conditions suivantes soient réunies :

- Il faut qu'un hydrogéologue établisse, dans un rapport rédigé conformément au document du ministère intitulé *Terms of Reference for Hydrogeological Study to Examine Ground Water Sources Potentially Under Direct Influence of Surface Water* (octobre 2001), que le mort-terrain recouvrant la nappe aquifère assure une filtration convenable.

- Il faut que des mesures de protection de la tête de puits soient ou seront prises conformément aux conditions associées à l'approbation.

Si le directeur convient qu'il est possible d'obtenir le traitement requis par une simple désinfection, le procédé de désinfection (ou la combinaison de plusieurs procédés de désinfection) doit pouvoir garantir un taux acceptable d'inactivation des oocystes, des kystes et des virus. En tel cas, la désinfection primaire pourrait consister à la fois en un rayonnement ultraviolet et en une désinfection chimique. La désinfection par rayonnement ultraviolet est traitée en détail à la section 3.2.

3. DÉSINFECTION PRIMAIRE

La désinfection dite « primaire » est un procédé ou une série de procédés dont le but est d'inactiver des agents pathogènes pour l'être humain (virus, bactéries, protozoaires, etc.) qui pourraient être présents dans l'eau, avant qu'ils puissent atteindre le premier branchement au réseau de distribution (c.-à-d. le premier consommateur branché au réseau).

Tout le procédé doit être réalisé à l'endroit du réseau où l'eau subit un traitement (ce qui pourrait comprendre une partie spécialisée du réseau, située en amont du premier branchement). Lorsque le traitement au point d'entrée est autorisé par le Règlement 170/03 (voir l'annexe 3 du Règlement), la désinfection primaire doit être entièrement réalisée à l'unité de traitement située au point d'entrée. Notons que le Règlement 170/03 impose des règles particulières relativement aux unités de traitement au point d'entrée. Il est donc important de bien se familiariser avec ces règles.

On peut bien désinfecter une eau brute souterraine ou de surface, que l'on a d'abord bien filtrée, en utilisant soit un procédé chimique (chlore, dioxyde de chlore, ozone), soit un procédé physique (rayonnement ultraviolet). Toutefois, le procédé de désinfection est d'une efficacité moindre lorsque l'eau brute est de qualité inférieure.

En raison de cette limitation, il pourrait être nécessaire d'introduire des barrières ou des traitements supplémentaires en amont de la désinfection primaire, afin d'obtenir le degré requis d'inactivation des agents pathogènes susceptibles d'être présents dans l'eau brute. Cette nécessité sera déterminée par la qualité de l'eau brute et certaines caractéristiques particulières du milieu. Ces prescriptions supplémentaires seraient établies dans le cadre du procédé d'approbation du

ministère de l'Environnement, lorsque le réseau d'eau potable nécessite l'approbation du ministère, ou au cours de l'élaboration du « rapport d'évaluation technique » (« Engineering Evaluation Report »), lorsque le réseau ne nécessite pas l'approbation du ministère.

Les sous-sections suivantes abordent les règles particulières associées : à l'emploi des différents procédés de désinfection; à la nécessité et à l'emploi de traitements préalables à la désinfection; au nombre de logarithmes d'élimination ou d'inactivation des agents pathogènes qui est attribué à ces procédés, et aux conditions que doivent remplir ces procédés pour qu'on leur attribue ce nombre de logarithmes.

3.1 Désinfection chimique

Le choix d'un procédé de désinfection est déterminé en fonction de l'eau brute et des particularités du milieu et des installations techniques. Il faut à la fois inactiver les agents pathogènes pour l'être humain et limiter les sous-produits du procédé de désinfection. Le chlore libre, la monochloramine, le dioxyde de chlore et l'ozone sont des produits désinfectants communément acceptés.

La **désinfection au chlore libre résiduel (chloration)**, consiste à injecter du chlore dans l'eau pour que celle-ci ait une certaine teneur en chlore libre disponible[4] (obtenue directement ou par l'oxydation de l'ammoniac ou d'autres substances azotées qui sont naturellement présents dans l'eau).

Le chlore libre, à l'état d'acide hypochloreux, est un puissant agent de désinfection. Il est efficace contre toutes sortes d'agents pathogènes. Le chlore libre résiduel obtenu par la désinfection primaire peut aussi être utilisé pour maintenir une teneur en chlore résiduel dans tout le réseau de distribution (ce qu'on appelle la désinfection secondaire). En tel cas, lorsque de l'ammoniac et d'autres substances azotées sont présents dans l'eau brute, il faut que la dose de chlore puisse donner, à la fin du circuit de traitement primaire, une teneur en chlore libre résiduel représentant plus de 80 % de la teneur en chlore total résiduel[5], car seul le chlore libre résiduel est considéré comme un désinfectant lorsqu'on emploie une désinfection secondaire. Lorsqu'on réalise une chloration au point de remontée (pour oxyder l'ammoniac présent naturellement dans une eau brute), elle sera terminée avant que l'eau quitte le circuit de désinfection. Faute de prendre cette mesure, il est possible que l'effet chimique du traitement au point de remontée occasionne une perte prématurée (et rapide) de la teneur en chlore résiduel requise pour protéger l'eau dans le réseau de distribution.

Le procédé fait appel à du chlore gazeux, à de l'hypochlorite de sodium, à de l'hypochlorite de calcium ou à un procédé électrochimique capable de produire du chlore libre.

---

[4] **Chlore libre disponible :** Dans une eau, quantité de chlore disponible sous forme de gaz dissous (Cl_2), d'acide hypochloreux (HOCl) ou d'ion hypochlite (OCl^-), et qui n'est pas combiné avec de l'ammoniac (NH_3) ou un autre composé organique.

[5] **Chlore résiduel total :** Quantité totale de chlore résiduel, libre ou combiné, subsistant après le temps de réaction normal de l'eau à la chloration.

Le **traitement aux chloramines (chloramination)**, consiste à injecter du chlore et de l'ammoniac, ce dernier étant introduit en aval du traitement au chlore. Le chlore et l'ammoniac sont utilisés dans un rapport d'environ 4,5:1 (chlore/ammoniac) pour produire ce qu'on appelle du chlore combiné résiduel[6], à l'état de monochloramine. Le tableau 14 présente les valeurs « CT » (concentration multipliée par temps de réaction) associées à l'inactivation des virus par des chloramines au cours d'une désinfection primaire. Les valeurs indiquées au tableau 14 ne sont valables que si le chlore est injecté avant l'ammoniac.

La monochloramine a un faible pouvoir désinfectant. Elle convient rarement comme désinfectant primaire, car elle nécessite, à une concentration typique, un très long contact avec l'eau pour bien désinfecter celle-ci. En raison de sa forte rémanence, elle est habituellement utilisée comme moyen de désinfection secondaire, pour maintenir une bonne teneur en chlore résiduel dans le réseau de distribution d'eau. Dans le procédé de désinfection secondaire, l'ordre d'enchaînement de l'injection du chlore et de l'ammoniac n'a pas d'effet sur le pouvoir de formation du chlore combiné résiduel. En fait, on peut les injecter dans quelque séquence que ce soit, voire en même temps, pourvu que leurs doses soient bien équilibrées et qu'ils se mélangent à l'eau après leur injection dans celle-ci.

Le **traitement au dioxyde de chlore** (on dit aussi bioxyde de chlore) consiste à produire sur place du dioxyde de chlore, soit au moyen d'un procédé électrochimique, soit par une réaction entre du chlorite de sodium et du chlore gazeux, un acide hypochloreux ou un acide chlorhydrique. Le dioxyde de chlore est un puissant agent de désinfection. Il est généralement efficace plus rapidement que le chlore, mais moins rapidement que l'ozone. Le dioxyde de chlore résiduel issu de la désinfection primaire peut aussi servir à maintenir une certaine concentration de chlore résiduel dans une partie ou la totalité du réseau de distribution.

Le **traitement à l'ozone (ozonation)**, consiste à produire, sur place, de l'ozone par l'électrification d'oxygène ou d'air sec, suivie d'une injection, dans une chambre de contact spécialisée, d'un courant gazeux riche en ozone. Bien que l'ozone soit un désinfectant très puissant, il n'a pas d'effet rémanent (son pouvoir désinfectant ne persiste pas en aval du traitement). Il ne convient donc pas pour maintenir un désinfectant résiduel dans le réseau de distribution. Il est possible qu'un film biologique prenne forme dans le réseau de distribution, à moins qu'on ait prévu une biofiltration en aval du point d'injection de l'ozone.

Remarque : Lorsqu'on choisit un produit de désinfection primaire autre que le chlore libre, il faut déterminer s'il convient aux besoins particuliers du réseau de distribution d'eau. Le concepteur du réseau ou l'ingénieur qui a rédigé le rapport d'évaluation technique doit exposer les raisons qui ont motivé son choix.

---

[6] **Chlore combiné résiduel (disponible) :** Partie du chlore résiduel qui est lié à l'ammoniac (NH_3) ou à l'azote organique, ou aux deux, qui réagit dans l'eau en tant que chloramine (ou d'un autre composé dérivé du chlore), mais toujours capable d'oxyder des matières organiques et d'agir comme désinfectant.
La teneur en chlore combiné peut être mesurée assez précisément en déterminant la différence entre la teneur en chlore total et la teneur en chlore libre résiduel connue.

3.1.1 Le concept de désinfection « CT »

Le concept de désinfection « CT » consiste à employer conjointement la concentration résiduelle (en mg/l) d'un agent désinfectant et le temps de réaction réel (en minutes) pour déterminer le degré auquel un procédé de désinfection réussit à inactiver les agents pathogènes. Il s'agit de déterminer le résultat de la multiplication CxT qui garantit un taux d'inactivation acceptable dans le cadre des conditions (débit, température et pH) réelles (et souvent variables), le but étant d'utiliser un procédé de désinfection capable de produire ce résultat en tout temps.

On obtient la valeur CT en multipliant la concentration résiduelle de l'agent désinfectant par le temps de réaction :

CT = Concentration (en mg/l) x Temps de réaction (en minutes)

La concentration résiduelle est mesurée à la fin de chaque étape du traitement (p. ex., à l'étape de la clarification, si une partie du procédé de désinfection est réalisée avant la filtration) et on utilise le temps de réaction « T_{10} », c'est-à-dire le temps durant lequel pas plus de 10 % de l'eau brute traverserait cette étape du traitement. En utilisant le temps de réaction T_{10}, on garantit que 90 % de l'eau aura un temps de réaction supérieur.

Notons que les valeurs T_{10} réelles peuvent être bien différentes du temps de séjour (T), qui représente la durée théorique du séjour de l'eau dans un bassin. Elles devraient être déterminées soit par traçage (le temps nécessaire pour récupérer 10 % du traceur injecté), soit par modélisation ou calcul mathématique, en se fondant sur un écoulement typique.

ÉCOULEMENT TYPIQUE

Caractéristiques d'écoulement	Rapport T_{10}/T	Description
Écoulement libre (écoulement mixte) avec admission et sortie séparées	0,1	Écoulement sans obstacle; agitation en bassin; très faible rapport entre longueur et largeur; haute vitesse d'écoulement à l'admission et à la sortie
Pauvres	0,3	Prise et sortie d'eau simples ou multiples, sans obstacle à l'écoulement; écoulement sans obstacle dans le bassin
Moyennes	0,5	Prise ou sortie d'eau à chicanes, avec certains obstacles à l'écoulement dans le bassin
Supérieures	0,7	Prise d'eau perforée; écoulement en serpentin ou à travers une cloison perforée dans le bassin; déversoir de sortie ou goulottes perforées
Idéales (écoulement piston)	1	Très haut rapport entre longueur et largeur (à la façon d'un pipeline)

Les valeurs CT peuvent être calculées pour chaque étape du traitement global, puis additionnées, lorsque le pH et la teneur en chlore résiduel restent constants. Le calcul devrait reposer sur la

concentration résiduelle de l'agent désinfectant à la fin ou au milieu de chaque étape. On présume que la concentration résiduelle sera constante en amont des postes de surveillance, à tous les points en amont jusqu'au prochain poste de surveillance ou au point d'injection de l'agent désinfectant.

La somme des valeurs CT est ensuite comparée avec les valeurs CT requises, celles-ci étant déterminées en consultant les tableaux qui se trouvent à la fin du présent document. Les tableaux[7] donnent les valeurs CT pour le chlore libre et d'autres produits désinfectants qui sont requises pour obtenir le degré prescrit d'abattement logarithmique des kystes de *Giardia* et des virus ciblés (hépatite A), selon le pH et la température de l'eau.

La valeur CT totale doit être égale ou supérieure à la valeur CT requise en tout temps lorsque fonctionne la station de traitement.

Lorsque le pH et la teneur en chlore ont beaucoup changé dans différentes sections du circuit de désinfection, on obtient une meilleure estimation de l'efficacité globale du traitement en ajoutant les log d'abattement associés aux différentes menaces microbiennes relevées dans chaque section du circuit.

Afin de maximiser la destruction d'agents pathogènes tout en réduisant au minimum la formation de sous-produits de la désinfection, il faut employer, lorsque cela est indiqué, la méthode IDDF (« Integrated Disinfection Design Framework »)[8] pour tenir compte de l'affaiblissement du pouvoir désinfectant, et noter le temps de rétention pour déterminer les valeurs CT et les log d'abattement qui y sont associés.

3.2 Désinfection au rayonnement ultraviolet (UV)

Le rayonnement UV est une méthode de désinfection primaire acceptable. Un appareil à rayonnement UV est jugé acceptable s'il s'est avéré capable de réaliser le degré de désinfection requis. Cette validation doit être établie au moyen d'une biodosimétrie du rayonnement utilisant des bactériophages MS-2 ou des spores *Bacillus subtilis* (ou les deux) pour établir le rayonnement maximal que l'appareil peut transmettre sous différents facteurs de transmission, en atteignant toujours la dose nominale ciblée. Lorsque l'appareil envisagé emploie une lampe produisant un rayonnement d'une longueur d'onde différente de celle d'une lampe produisant une lumière monochromatique continue d'une longueur d'onde de 254 nm qui est proche de la longueur d'onde ayant l'effet germicide maximal (260-265 nm), la dose que transmet l'appareil doit également être validée empiriquement par un essai de biodosimétrie, et la dose doit être exprimée en une dose de même puissance qu'une dose de 254 nm.

---

[7] Document de la United States Environmental Protection Agency (USEPA) intitulés *Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems Using Surface Water Sources* et *Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule for the table providing the CT values for inactivation of* Cryptosporidium *by ozone.*

[8] La méthode IDDF a été publiée en 1998 par la AWWA Research Foundation et la American Water Works Association.

Pour les réseaux d'eau potable qui n'ont pas besoin d'obtenir un certificat d'autorisation, l'ingénieur qui rédigera le rapport d'évaluation technique devrait se reporter aux normes publiées pour voir si l'appareil envisagé peut fournir le degré de désinfection prescrit par les règlements. En ce qui concerne les « unités de traitement au point d'entrée » (annexe 3 du Règlement 170/03), l'ingénieur devra se reporter à la norme ANSI/NSF 55A ou à une norme équivalente.

Les installations de traitement par rayonnement UV doivent être conçues conformément aux caractéristiques particulières des eaux brutes, car celles-ci peuvent se répercuter sur la fiabilité de l'appareil (p. ex., transmission du rayonnement et entartrage ou encrassement du tube de rayonnement UV), la qualité du rayonnement UV, etc. Il faut prêter une attention particulière aux recommandations que renferme le document intitulé *Ten State Standards Criteria for UV Water Treatment Devices*.

Bien que le traitement par rayonnement UV puisse être une méthode de désinfection primaire acceptable, il n'a pas d'effet rémanent (l'eau traitée ne contient pas de produit désinfectant). Lorsque le Règlement 170/03 prescrit une désinfection secondaire, il faut que la désinfection primaire soit suivie d'un autre procédé (qui est habituellement une chloration), qui introduit dans l'eau un agent désinfectant et en maintient une teneur résiduelle dans tout le circuit de distribution.

3.2.1 Eaux souterraines

Pour traiter une eau souterraine qui n'est pas soumise à l'action directe d'une eau de surface, on peut utiliser une lampe à rayonnement UV, pourvu qu'elle puisse transmettre, tout au long de sa durée de vie, une dose effective d'au moins 40 mJ/cm^2, exprimée en une dose d'une puissance équivalente à celle que transmet un rayonnement d'une longueur d'onde de 254 nm.

3.2.2 Eaux de surface et eaux souterraines sous l'action directe d'une eau de surface

Les réseaux dont l'eau brute provient soit d'un plan d'eau de surface, soit d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface doivent produire une eau d'une qualité égale ou supérieure à celle qui est obtenue au moyen d'une filtration assistée d'un procédé chimique, suivie d'une désinfection. Le rayonnement UV ne pourrait être acceptable comme mode de désinfection primaire que s'il était conjugué à une filtration assistée d'un procédé chimique (ou à un traitement équivalent). Le rayonnement UV n'est pas, à lui seul, un procédé capable de remplacer l'étape de la filtration assistée chimiquement. Lorsqu'on a constaté la présence d'eaux d'égout, une désinfection primaire (après une filtration assistée d'un procédé chimique) qui est réalisée seulement au moyen d'une lampe UV ne pourrait pas réussir à inactiver certains virus (entre autres, les adénovirus). En tel cas, il pourrait être nécessaire d'utiliser un procédé de désinfection primaire en deux étapes, conjuguant un rayonnement UV à une désinfection chimique avec un bon temps de réaction. Lorsqu'un rayonnement UV longueur d'onde monochromatique de 254 nm est utilisé conjointement avec du chlore, il n'a pas d'effets importants sur la chloration.

Pour certains réseaux d'eau potable qui nécessitent l'approbation du ministère et dont l'eau brute provient d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface, le directeur chargé

des approbations pourrait déterminer qu'une simple désinfection sans filtration assistée chimiquement est capable de produire une eau de qualité égale à celle qui subirait un traitement plus poussé (filtration et désinfection), pourvu que les conditions suivantes soient remplies :

- Il faut qu'un hydrogéologue établisse, dans un rapport rédigé conformément au document du ministère intitulé *Terms of Reference for Hydrogeological Study to Examine Ground Water Sources Potentially Under Direct Influence of Surface Water* (octobre 2001), que le mort-terrain recouvrant la nappe aquifère assure une filtration convenable.

- Il faut que des mesures de protection de la tête de puits soient ou seront prises conformément aux conditions associées à l'approbation.

Si le directeur convient qu'il est possible d'obtenir le traitement requis par une simple désinfection, il faut prévoir une désinfection en deux étapes, consistant en un rayonnement UV (dose effective d'au moins 20 mJ/cm^2, exprimée en une dose d'une puissance équivalente à celle que transmet un rayonnement d'une longueur d'onde de 254 nm) combiné à une désinfection chimique. Le traitement doit garantir un abattement des virus de 4 log.

3.3 Autres désinfectants

Si on utilise d'autres désinfectants ou d'autres combinaisons de désinfectants que ceux qui sont traités dans le présent document, il faut montrer, données à l'appui, que le procédé de désinfection (conjugué à une filtration, lorsque celle-ci est requise) réalise le degré requis d'élimination ou d'inactivation des agents pathogènes.

3.4 Pouvoir d'abattement attribué aux divers procédés de filtration

Cette sous-section examine diverses techniques de filtration et le pouvoir d'abattement logarithmique qui y est associé. Le pouvoir d'abattement est exprimé en nombre de log (ce qu'on appelle souvent des « crédits »). Les « crédits » ne sont valables que si un ingénieur conclut, après avoir exercé son jugement professionnel, que la technique proposée répond aux normes du document intitulé *Recommended Standards for Water Works* (« *Ten State Standards* ») ou lorsqu'une autre technique de traitement a été approuvée par le ministère et répond aux conditions exposées plus bas. Dans la mesure du possible, la filtration doit pouvoir réduire le plus possible la turbidité, le but étant de la maintenir en tout temps à moins de 0,1 uTN. Les pouvoirs d'abattement indiqués dans le tableau ci-après ne représentent qu'un minimum (ils ne représentent pas une moyenne).

POUVOIR D'ABATTEMENT DES AGENTS PATHOGÈNES

Méthode de traitement	Pouvoir d'abattement (en log)		
	Kystes de *Giardia*	Virus	Oocystes de *Cryptosporidium*
Filtration conventionnelle	2,5	2	2
Filtration directe	2	1	2
Filtration lente sur sable	2	2	2
Filtration sur terre à diatomées	2	1	2*
Filtration sur membrane	3 +	De 0 à 2 +	2*
Filtration par cartouches ou sacs filtrants	2 +	0	2*
*Ne s'applique que lorsqu'il a été confirmé, après un essai, que le procédé peut atteindre ce niveau d'abattement des oocystes de *Cryptosporidium* ou des particules porteuses.			

3.4.1 Filtration conventionnelle

La filtration dite conventionnelle est la méthode qu'utilisent le plus souvent les grands réseaux d'eau potable dont les eaux brutes sont puisées en rivière, lac ou étang (eaux de surface). Le procédé comprend quatre étapes : mélange rapide; coagulation chimique; floculation et décantation; filtration rapide sur sable.

Pour qu'il s'agisse d'une filtration conventionnelle et qu'y soient attribués des pouvoirs d'abattement minimums de 2,5 log pour *Giardia*, de 2 log pour *Cryptosporidium* et de 2 log pour les virus, il faut que les conditions suivantes soient réunies :

- Il faut utiliser un coagulant chimique en tout temps lorsque la station de traitement est en service.

- Il faut surveiller et régler les doses chimiques conformément aux variations que subit l'eau brute.

- Il faut garantir, pendant la période de maturation des filtres, un bon procédé de lavage à contre-courant (rejet du premier filtrat ou méthode équivalente) dans le but d'observer en tout temps les normes relatives à la turbidité de l'eau filtrée.

- Il faut continuellement surveiller la turbidité du filtrat à chaque filtre.

- Il faut que la turbidité de l'eau filtrée soit égale ou inférieure à 0,3 uTN dans 95 % des mesures effectuées mensuellement.

3.4.2 Filtration directe

La filtration directe comprend les étapes suivantes : coagulation chimique; mélange rapide; floculation; filtration rapide sur sable. Elle ressemble beaucoup à la filtration conventionnelle, hormis l'étape de la sédimentation. En général, la filtration directe ne convient qu'aux eaux brutes d'une turbidité inférieure à 20 uTN et d'une couleur inférieure à 40 uCV.

Pour qu'on y attribue des pouvoirs d'abattement minimums de 2 log pour *Giardia*, de 2 log pour *Cryptosporidium* et de 1 log pour les virus, il faut remplir les conditions associées à la filtration conventionnelle (voir ci-dessus).

3.4.3 Filtration lente sur sable[9]

La filtration lente sur sable est un procédé biologique et physique équivalent à une filtration assistée d'un procédé chimique. L'adsorption et la floculation biologique qui ont lieu dans la flore microbienne gélatineuse formée dans la couche supérieure de sable éliminent les étapes de la coagulation chimique et de la floculation. En général, cette méthode est limitée aux eaux brutes (ou aux eaux qui ont subi un traitement primaire) d'une turbidité inférieure à 10 uTN et d'une couleur inférieure à 15 uCV.

Pour qu'y soient attribués des pouvoirs d'abattement minimums de 2 log pour *Giardia*, de 2 log pour *Cryptosporidium* et de 2 log pour les virus, il faut que les conditions suivantes soient réunies :

- Il faut maintenir une couche biologique active.
- Il faut régulièrement nettoyer le filtre au moyen d'une méthode efficace.
- Il faut garantir, pendant la période de maturation des filtres, un bon procédé de lavage (rejet du premier filtrat ou méthode équivalente).
- Il faut continuellement surveiller la turbidité du filtrat à chaque filtre ou prélever tous les jours un échantillon instantané (« grab sample »).
- Il faut que la turbidité de l'eau filtrée soit égale ou inférieure à 1 uTN dans 95 % des mesures effectuées mensuellement.

3.4.4 Filtration sur diatomées

La filtration sur diatomées consiste à faire passer l'eau à travers une couche de terre à diatomées soutenue par un grillage fin en métal, une plaque de céramique poreuse ou un tissu synthétique

[9] En raison du mode sélectif des procédés de filtration lente sur sable et de filtration sur diatomées, le filtrat peut avoir une turbidité supérieure à 1 uTN à cause des particules inorganiques qu'il contient, sans toutefois affaiblir le pouvoir désinfectant du traitement en aval. Par conséquent, lorsqu'on utilise ces méthodes de filtration, il ne faut pas conclure que l'eau est de mauvaise qualité parce que le filtrat est temporairement d'une turbidité supérieure à 1 uTN, à moins évidemment qu'on ait une preuve du contraire.

reposant sur une cloison. La première couche de diatomées est habituellement complétée par une alimentation continue en diatomées. En général, ce procédé est limité aux eaux brutes (ou aux eaux qui ont subi un traitement primaire) d'une turbidité inférieure à 20 uTN et d'une couleur inférieure à 15 uCV.

Pour qu'y soient attribués des pouvoirs d'abattement minimums de 2 log pour *Giardia*, de 2 log pour *Cryptosporidium* et de 1 log pour les virus, il faut que les conditions suivantes soient réunies :

- Il faut maintenir une précouche de l'épaisseur minimale requise.

- Il faut garantir un bon procédé de nettoyage des filtres.

- Il faut faire recirculer tout le premier filtrat ou en rejeter une partie pendant la maturation de la précouche, jusqu'à ce que la turbidité de l'eau recirculée chute sous 1 uTN.

- Il faut continuellement surveiller la turbidité du filtrat à chaque filtre.

- Il faut que la turbidité de l'eau filtrée soit égale ou inférieure à 1 uTN dans 95 % des mesures effectuées mensuellement.

3.4.5 Filtration au moyen de cartouches ou de sacs filtrants

Cette technique est conçue pour répondre au faible débit des petits réseaux d'eau potable. Les cartouches ou les sacs peuvent extraire des particules de la grosseur des kystes de *Giardia* (de 5 à 10 micromètres) et de celle des oocystes de *Cryptosporidium* (de 2 à 5 micromètres). Les cartouches filtrantes n'enlèvent pas un pourcentage notable de virus. Ceux-ci doivent donc être totalement détruits au moyen du procédé de désinfection primaire. En général, ce mode de filtration est limité aux eaux brutes (ou aux eaux qui ont subi un traitement primaire) d'une turbidité inférieure à 5 uTN et d'une couleur inférieure à 5 uCV.

Les cartouches et les sacs sont faits de fibres. Contrairement aux membranes filtrantes, ils ont des pores de toutes sortes de grosseurs, ce qui laisse entrer des particules d'une grosseur supérieure à celle du pouvoir filtrant. Le petit taux de pénétration de particules surdimensionnées doit donc être pris en ligne de compte conjointement à la qualité de l'eau brute.

Pour qu'on attribue à cette technique un pouvoir d'abattement des oocystes de *Cryptosporidium* de 2 log, il faut que les conditions suivantes soient réunies :

- Il faut utiliser un milieu filtrant et un boîtier homologués pour l'abattement des particules auxiliaires, conformément aux méthodes d'analyse et de contrôle de la qualité que prévoit la norme ANSI/NSF 53 ou une norme équivalente.

- Il faut surveiller continuellement la turbidité du filtrat en aval de chaque filtre ou prélever chaque jour un échantillon instantané.

- Il faut veiller à ce que la pression différentielle à travers le milieu filtrant ne dépasse pas la pression maximale prescrite par le fabricant et que les matériaux qui entrent en contact avec l'eau soit conformes à la norme ANSI/NSF 61.

Pour que le filtre soit conforme aux normes, il devrait normalement produire un filtrat d'une turbidité égale ou inférieure à 0,2 uTN dans 95 % des mesures effectuées mensuellement. La turbidité pourrait être supérieure à 0,2 uTN s'il est démontré qu'elle est due à la présence de particules inorganiques d'un diamètre inférieur à 2 micromètres.

3.4.6 Filtration sur membrane

La filtration sur membrane est une technique de séparation qui consiste à faire passer l'eau à travers une très fine pellicule de polymère organique de synthèse. Les filtres à membrane qui fonctionnent à faible ou à moyenne pression (microfiltration et ultrafiltration) doivent avoir des pores de taille uniforme, d'un diamètre d'un micromètre ou moins, et formés chimiquement. Ceux qui fonctionnent à haute pression (nanofiltration et osmose inverse) n'ont pas de pores. Ils laissent l'eau pénétrer la membrane ou se diffuser à travers celle-ci. Leur pouvoir de rétention des virus varie en fonction du genre de membrane et du fabricant de celle-ci.

Pour qu'on attribue à cette technique un pouvoir d'abattement des oocystes de *Cryptosporidium* de 2+ log, il faut que les conditions suivantes soient réunies :

- Il faut garantir un bon lavage à contre-courant (rejet du premier filtrat ou méthode équivalente), dans le but d'observer en tout temps les normes relatives à la turbidité de l'eau filtrée.

- Il faut surveiller la solidité de la membrane par un comptage continue des particules ou une méthode d'une efficacité équivalente (p. ex., en mesurant la pression pour voir si elle s'affaiblit de façon intermittente).

- Il faut continuellement surveiller la turbidité du filtrat.

- Il faut que la turbidité de l'eau filtrée soit égale ou inférieure à 0,1 uTN dans 99 % des mesures effectuées mensuellement.

3.4.7 Autres techniques de filtration

Avant que l'on puisse utiliser une technique de filtration autre que celles qui sont traitées plus haut, il faut montrer, données à l'appui, qu'elle est capable de réaliser le niveau requis d'élimination ou d'inactivation des agents pathogènes lorsqu'elle est conjuguée à une désinfection.

4. DÉSINFECTION SECONDAIRE (MAINTIEN D'UNE TENEUR EN CHLORE RÉSIDUEL)

La désinfection secondaire consiste à maintenir (ou à introduire et à maintenir) une concentration résiduelle d'un agent désinfectant dans tout le réseau de distribution. La désinfection secondaire remplit plusieurs fonctions : protéger l'eau contre une nouvelle contamination microbiologique; réduire les risques d'une nouvelle prolifération de bactéries; limiter la formation d'un film biologique; révéler une défectuosité ou une panne quelque part dans le réseau de distribution (la perte d'une teneur résiduelle en chlore ou en un autre agent désinfectant peut indiquer une panne ou une défectuosité). Seuls le chlore, le dioxyde de chlore et la monochloramine peuvent maintenir une concentration résiduelle d'un agent désinfectant dans l'eau introduite dans un réseau de distribution.

Lorsqu'une désinfection secondaire est prescrite conformément au Règlement 170/03, il faut faire en sorte que la teneur en chlore libre résiduel soit d'au moins 0,05 mg/l (à un pH d'au plus 8,5[10]) dans le réseau de distribution, ou que la teneur en dioxyde de chlore résiduel y soit d'au moins 0,05 mg/l. Si on utilise de la monochloramine, il faut maintenir une teneur en chlore combiné résiduel d'au moins 0,25 mg/l.

Lorsque l'écoulement est quotidien, la concentration de l'agent désinfectant résiduel ne doit jamais dépasser 4 mg/l (chlore libre), 0,8 mg/l (dioxyde de chlore) ou 3 mg/l (chlore combiné), où que ce soit dans le réseau de distribution. (Remarque : Une teneur en chlore combiné résiduel de 3mg/l équivaut à la concentration maximale de 3 mg/l qui est autorisée conformément aux normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario.)

La teneur en chlore libre résiduel ciblée est de 0,2 mg/l à un pH d'au plus 8,5. Lorsqu'on effectue une chloramination, la teneur en chlore combiné résiduel doit idéalement être de 1 mg/l, partout dans le réseau de distribution (afin de supprimer l'activité bactérienne qui convertit l'ammoniac en nitrites et en nitrates).

Lorsque seule une chloramination est effectuée comme désinfection secondaire et que la dose d'ammoniac est réglée comme il faut, on ne décèle pas de chlore libre résiduel dans les échantillons d'eau prélevés dans le réseau de distribution. La détermination de la teneur en chlore résiduel total ne servirait qu'à représenter la teneur en chlore combiné résiduel.

Dans les grands réseaux de distribution d'eau, il est souvent impossible de maintenir la teneur minimum en chlore résiduel sans utiliser des installations de chloration à un ou plusieurs endroits à l'intérieur du réseau. Il y a plusieurs raisons pour lesquelles le désinfectant résiduel se décompose rapidement dans un grand réseau (gros dépôts de tartre, forte accumulation de sédiments, effet du film biologique, etc.). Pour corriger le problème, il faut parfois inspecter le réseau et prendre des mesures spéciales, telles que l'accroissement de la vitesse d'écoulement de

[10] Il y a deux raisons pour lesquelles on recommande de maintenir le pH sous 8,5 : le pouvoir désinfectant du chlore libre s'affaiblit rapidement et progressivement à un pH supérieur à 7; le pH a tendance à augmenter naturellement dans les réseaux de distribution, à cause de l'effet du film biologique.

l'eau, le raclage de l'intérieur des conduites, l'insertion d'un revêtement ou le remplacement de certaines conduites.

Remarque : Un temps de réaction n'est pas nécessaire lorsqu'on injecte un agent désinfectant dans l'eau traitée dans le but d'y maintenir une teneur résiduelle en agent désinfectant.

5. DÉSINFECTION DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION D'EAU APRÈS DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION OU DE RÉPARATION

Toutes les parties des ouvrages d'eau en contact avec l'eau potable qui sont mises hors service pour une vérification, des réparations ou d'autres activités qui auraient pu les contaminer doivent être désinfectées avant d'être remises en service. La désinfection doit être effectuée conformément aux normes suivantes (American Water Works Association) : *AWWA Standard for Disinfecting Water Mains* (C651), *AWWA Standard for Disinfection of Water Storage Facilities* (C652), *AWWA Standard for Disinfection of Water Treatment Plants* (C653), *AWWA Standard for Disinfection of Wells* (C654), ou conformément à une méthode équivalente, apte à garantir une eau sans danger pour la santé.

6. SURVEILLANCE

6.1 Désinfection primaire

Toutes les stations qui assurent une désinfection primaire doivent surveiller les paramètres associés à l'efficacité du procédé de désinfection, pour qu'il n'y ait aucun doute que l'eau distribuée à la population a été bien désinfectée et ne présente pas de danger pour la santé. À moins qu'il soit stipulé différemment dans les règlements, les stations de traitement municipales qui fournissent de l'eau au grand public (ce que le Règlement 170/03 appelle des « réseaux résidentiels municipaux ») doivent être munies de dispositifs capables de surveiller continuellement le procédé de désinfection, d'enregistrer les données de surveillance et de déclencher une alarme lorsque la désinfection est insuffisante.

En ce qui concerne les stations dont le Règlement n'oblige pas à avoir un appareil de surveillance continue[11], il est fortement recommandé qu'elles songent à en installer un. Les stations non municipales qui ne sont pas munies d'un tel appareil doivent analyser des échantillons instantanés (« grab samples ») tous les jours relativement aux paramètres prescrits par le Règlement.

Les stations qui ont un tel instrument pourraient utiliser les données obtenues par une surveillance continue pour enregistrer, en temps réel, les valeurs CT et les log d'abattement

[11] Est dit « de surveillance continue » un appareil qui, à des intervalles jugés convenables pour le procédé et le paramètre surveillé, analyse automatiquement l'eau (pour le paramètre en question) à mesure que s'écoule (ou que traverse l'aire de rayonnement UV, s'il s'agit d'une désinfection au rayonnement UV) l'eau qui est traitée ou distribuée, ou qui prélève des échantillons en continu dans l'eau qui est traitée ou distribuée, lorsqu'un échantillon dit « en continu » est représentatif d'un écoulement continu entre l'endroit où l'eau est traitée ou distribuée et l'appareil de surveillance continue.

associés à tous les dangers microbiens qui sont ciblés. Cela leur donnerait une bonne idée de l'efficacité globale du traitement.

6.1.1 Désinfection au moyen de chlore libre résiduel

Sauf dans les situations notées plus bas, les analyseurs en continu du chlore libre résiduel (c.-à-d. les appareils qui mesurent en continu la teneur en chlore libre résiduel d'une eau traitée au chlore) doivent prélever, sans interruption, un échantillon d'eau en aval du bassin où est effectuée la désinfection primaire. Lorsque la désinfection primaire est réalisée au moyen d'une série de procédés ou d'étapes, l'échantillon doit être prélevé en continu en aval de chaque étape ou procédé distinct. Dans tous les cas, le prélèvement doit avoir lieu en amont des points d'injection d'un produit chimique de postdésinfection, y compris lorsque celui-ci a pour but soit de maintenir une certaine teneur en désinfectant résiduel dans le réseau de distribution, soit de prévenir la corrosion dans le réseau de distribution.

En ce qui concerne les « réseaux non municipaux » ou les « réseaux non résidentiels municipaux » qui ne sont pas munis d'un appareil de surveillance continue, il faut assurer une surveillance quotidienne au moyen de l'analyse d'échantillons instantanés prélevés aux mêmes endroits que ceux qui sont indiqués au paragraphe précédent.

Lorsque le temps de réaction nécessaire pour achever la désinfection primaire est assuré dans une section spécialisée d'une canalisation située en amont du premier branchement d'eau, l'analyseur de chlore résiduel (dont la fonction est de confirmer l'achèvement de la désinfection primaire) peut prélever un échantillon en continu à un point intermédiaire, c'est-à-dire un endroit situé entre le point d'injection du chlore et, en aval, l'extrémité de la section de la canalisation utilisée pour assurer le temps de réaction requis par la désinfection primaire, pourvu que l'échantillon prélevé en continu soit représentatif du temps de réaction réel.

Lorsque l'eau brute provient d'une nappe souterraine et que ses caractéristiques d'absorption du chlore sont suffisamment stables pour établir un algorithme de diminution du chlore sur lequel on peut se fonder, on peut prendre un échantillon instantané ou un échantillon en continu à un autre endroit qu'à l'extrémité de la canalisation utilisée pour assurer le temps de réaction de la désinfection primaire. En tel cas, en se fondant sur l'algorithme de diminution du chlore que l'on avait établi, il faut maintenir, à l'extrémité de la canalisation servant de chambre de contact avec le chlore, une teneur en chlore résiduel minimale pour achever la désinfection primaire.

Chaque analyseur de chlore libre résiduel qui sert à surveiller un procédé de désinfection primaire utilisant du chlore libre résiduel doit être réglé pour que l'intervalle entre les analyses puisse garantir un contrôle de la qualité de l'ordre de plus ou moins 0,05 mg/l, à une teneur en chlore allant jusqu'à 1 mg/l, ou de l'ordre de plus ou moins 5 %, à une teneur en chlore supérieure à 1 mg/l.

6.1.2 Désinfection au moyen de dioxyde de chlore résiduel

Les recommandations notées à la section 6.1.1 s'appliquent aux analyseurs[12] de dioxyde de chlore résiduel dont le but est d'assurer une surveillance continue d'un procédé de désinfection primaire utilisant du dioxyde de chlore résiduel. En outre, à des intervalles appropriés aux conditions du milieu (la sorte d'appareil utilisé pour produire le dioxyde de chlore, la qualité de l'eau, etc.), il faut prélever des échantillons instantanés (« grab samples »), toujours au même endroit, et les analyser pour en déterminer la teneur en chlorite et en chlorate.

6.1.3 Désinfection au moyen de monochloramine résiduelle

Les recommandations notées à la section 6.1.1 s'appliquent aux analyseurs de chlore libre résiduel dont le but est d'assurer une surveillance continue d'un procédé de désinfection primaire utilisant de la monochloramine résiduelle. En outre, à des intervalles appropriés aux conditions du milieu (la sorte d'appareil utilisé pour produire le chlore libre, la qualité de l'eau, etc.), il faut prélever des échantillons instantanés (« grab samples »), toujours au même endroit, et les analyser pour en déterminer la teneur en chloramines totales et en monochloramines.

6.1.4 Désinfection au rayonnement ultraviolet

Toutes les stations utilisant un procédé de désinfection par rayonnement UV doivent continuellement surveiller les paramètres qui permettent au technicien de vérifier si l'eau subit la dose de rayonnement ciblée (une dose équivalente à celle que produit une longueur d'onde de 254 nm) ou une dose supérieure à celle-ci. En outre, tous les dispositifs doivent déclencher une alarme lorsque la dose ciblée n'est pas fournie.

En ce qui concerne les stations dont l'eau brute provient d'un plan d'eau de surface ou d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface, il est fortement recommandé que le système de surveillance continue soit doté d'un dispositif d'enregistrement des données de surveillance. Tous les détecteurs qui font partie du système de surveillance doivent être réglés pour qu'ils puissent maintenir une sensibilité et une fiabilité capables de vérifier correctement si la dose de rayonnement UV est fournie. La fréquence à laquelle les appareils doivent être réglés ou étalonnés devrait être soit établie lorsqu'on demande au ministère de l'Environnement d'approuver les installations, soit remise au propriétaire par l'ingénieur qui a rédigé le rapport d'évaluation technique, avec les directives du fabricant des appareils.

6.1.5 Turbidité

Les réseaux d'eau potable visés par le Règlement qui obtiennent leur eau brute d'un plan d'eau de surface, ou d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface, pourraient être tenus d'avoir un appareil de surveillance continue de la turbidité du filtrat en aval de chaque

[12] Dans les circonstances où la production de dioxyde de chlore et la demande de dioxyde de chlore sont stables, on pourrait voir s'il serait possible de remplacer cette méthode de surveillance continue par une surveillance continue du potentiel d'oxydoréduction (redox), complétée par une détermination intermittente des éléments du produit chimique désinfectant.

filtre. Cet appareil doit pouvoir déclencher une alarme lorsque la turbidité dépasse la limite prescrite.

Si le Règlement n'oblige pas une station de traitement de l'eau à avoir un appareil de surveillance continue de la turbidité, il est néanmoins fortement recommandé qu'elle en ait un. Les stations qui ne sont pas tenues d'avoir un tel appareil, et qui choisissent de ne pas en installer un, doivent prélever un échantillon d'eau au moins une fois par jour dans le filtrat de chaque filtre et l'analyser pour en déterminer la turbidité.

Les analyseurs de turbidité qu'utilisent les stations dont l'eau brute provient soit d'un plan d'eau de surface, soit d'une nappe souterraine sous l'action directe d'une eau de surface, doivent prélever en continu un échantillon en amont du bassin de désinfection primaire. Pour les stations qui ne sont pas munies d'un appareil de surveillance continue de la turbidité, l'échantillon quotidien doit lui aussi être prélevé en amont du procédé de désinfection primaire.

Un analyseur de turbidité installé pour surveiller l'efficacité du procédé de filtration (ce qui est habituellement en amont du procédé de désinfection primaire) doit être réglé à la fréquence requise pour en garantir le bon fonctionnement.

6.2 Maintien d'un agent désinfectant résiduel dans le réseau de distribution

Les données obtenues par la surveillance de la teneur en agent désinfectant résiduel dans le réseau de distribution d'eau, conformément au Règlement, doivent servir, d'une part, à vérifier l'efficacité de la désinfection secondaire dans tout le réseau de distribution et, d'autre part, à maîtriser la teneur en agent désinfectant de l'eau qui quitte la station de traitement et tout point de rechloration dans le réseau de distribution.

Il est recommandé que les installations de rechloration, c'est-à-dire les installations ayant pour fonction d'injecter du chlore ou de modifier la teneur en chlore résiduel quelque part dans le réseau de distribution après une chloration préalable, ou à la station de traitement, soient munies d'un appareil capable de surveiller continuellement la qualité de l'eau et de déclencher une alarme lorsque l'eau n'est pas de qualité convenable.

Lorsqu'un procédé de traitement qui est utilisé en aval d'une filtration naturelle ou fabriquée produit une turbidité attribuable uniquement à une oxydation ou à une précipitation chimique, cette turbidité n'est pas considérée comme dangereuse pour la santé. Toutefois, pour que l'eau ait un bel aspect, il est recommandé d'en maintenir la turbidité sous 5 uTN. Il faudrait alors surveiller la turbidité en prélevant des échantillons instantanés à l'entrée du réseau de distribution.

7. SOUS-PRODUITS DE LA DÉSINFECTION

Les produits chimiques désinfectants peuvent former des sous-produits[13] qui, au bout d'un certain temps, risquent de nuire à la santé des personnes qui boivent de cette eau. La

[13] Contrairement aux désinfectants chimiques, le rayonnement UV ne semble pas créer, à une concentration décelable, de sous-produits potentiellement toxiques.

concentration des sous-produits de la désinfection varie selon le produit désinfectant utilisé, la composition chimique des précurseurs organiques présents à l'état naturel dans l'eau (et la concentration de ceux-ci avant l'injection du chlore ou d'un autre produit chimique désinfectant), la concentration du produit désinfectant dans l'eau et, enfin, le temps de rétention des sous-produits dans le réseau de distribution avant que l'eau atteigne le robinet du consommateur.

Les pouvoirs d'abattement d'agents pathogènes (déterminés par les valeurs CT) que l'on attribue à un traitement par désinfection chimique doivent être démontrés. Il faut prouver que les procédés de traitement sont conçus et mis en œuvre pour bien éliminer les précurseurs des sous-produits en amont du circuit de désinfection primaire. L'injection d'un produit chimique désinfectant ne devrait pas avoir lieu en amont du procédé d'élimination des précurseurs, à moins qu'une préchloration puisse être justifiée en raison des caractéristiques particulières de l'eau brute, dont la présence de larves véligères de moules (qui sont vivantes), le risque établi d'une formation de sous-produits de la désinfection ou d'autre chose.

Pour prévenir la formation de sous-produits de la désinfection dans un réseau de distribution, on pourrait prendre les mesures suivantes :

- Protéger l'eau brute, entre autres au moyen d'une bonne gestion des nutriments et des algues.
- Éliminer les précurseurs des sous-produits de la désinfection, grâce à l'optimisation des traitements physique et chimique en amont de la désinfection chimique.
- Adopter un plan de désinfection qui prévoit des réglages subtils (bien doser le produit désinfectant et, dans la mesure du possible, retarder ou réduire l'emploi du produit désinfectant, ou encore réduire au minimum le temps de réaction du produit désinfectant et le temps de rétention de l'eau traitée dans le réseau de distribution). Lorsqu'il y a lieu de croire que de tels réglages ne seraient pas assez efficaces, il faudrait songer à utiliser un ou plusieurs des procédés de désinfection ou de désinfection préliminaire suivants : désinfection par rayonnement UV; désinfection chimique au dioxyde de chlore ou à l'ozone; optimisation de l'oxydation au cours du traitement préliminaire; emploi de monochloramine comme agent de désinfection dans le réseau de distribution. Notons que l'utilisation d'ozone comme moyen de désinfection préliminaire risque davantage de produire des sous-produits lorsque le chlore est injecté en aval.

Malgré ce qui est noté plus haut, les procédés de traitement doivent être conçus et toujours mis en œuvre de prime abord pour bien éliminer ou bien inactiver les agents pathogènes. La limitation des sous-produits de la désinfection est un objectif secondaire.

TABLEAU 1

VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DE KYSTES DE *GIARDIA* PAR LE CHLORE LIBRE À UNE TEMPÉRATURE DE 0,5 °C OU INFÉRIEURE

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH < = 6 Inactivation (en log)						pH = 6,5 Inactivation (en log)						pH = 7 Inactivation (en log)						pH = 7,5 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	23	46	69	91	114	137	27	54	82	109	136	163	33	65	98	130	163	195	40	79	119	158	198	237
0,6	24	47	71	94	118	141	28	56	84	112	140	168	33	67	100	133	167	200	40	80	120	159	199	239
0,8	24	48	73	97	121	145	29	57	86	115	143	172	34	68	103	137	171	205	41	82	123	164	205	246
1	25	49	74	99	123	148	29	59	88	117	147	176	35	70	105	140	175	210	42	84	127	169	211	253
1,2	25	51	76	101	127	152	30	60	90	120	150	180	36	72	108	143	179	215	43	86	130	173	216	259
1,4	26	52	78	103	129	155	31	61	92	123	153	184	37	74	111	147	184	201	44	89	133	177	222	266
1,6	26	52	79	105	131	157	32	63	95	126	158	189	38	75	113	151	188	226	46	91	137	182	228	273
1,8	27	54	81	108	135	162	32	64	97	129	161	193	39	77	116	154	193	231	47	93	140	186	233	279
2	28	55	83	110	138	165	33	66	99	131	164	197	39	79	118	157	197	236	48	95	143	191	238	286
2,2	28	56	85	113	141	169	34	67	101	134	168	201	40	81	121	161	202	242	50	99	149	198	248	297
2,4	29	57	86	115	143	172	34	68	103	137	171	205	41	82	124	165	206	247	50	99	149	199	248	298
2,6	29	58	88	117	146	175	35	70	105	139	174	209	42	84	126	168	210	252	51	101	152	203	253	304
2,8	30	59	89	119	148	178	36	71	107	142	178	213	43	86	129	171	214	257	52	103	155	207	258	310
3	30	60	91	121	151	181	36	72	109	145	181	217	44	87	131	174	218	261	53	105	158	211	263	316

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH = 8 Inactivation (en log)						pH = 8,5 Inactivation (en log)						pH < = 9 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	46	92	139	185	231	277	55	110	165	219	274	329	65	130	195	260	325	390
0,6	48	95	143	191	238	286	57	114	171	228	285	342	68	136	204	271	339	407
0,8	49	98	148	197	246	295	59	118	177	236	295	354	70	141	211	281	352	422
1	51	101	152	203	253	304	61	122	183	243	304	365	73	146	219	291	364	437
1,2	52	104	157	209	261	313	63	125	188	251	313	376	75	150	226	301	376	451
1,4	54	107	161	214	268	321	65	129	194	258	323	387	77	155	232	309	387	464
1,6	55	110	165	219	274	329	66	132	199	265	331	397	80	159	239	318	398	477
1,8	56	113	169	225	282	338	68	136	204	271	339	407	82	163	245	326	408	489
2	58	115	173	231	288	346	70	139	209	278	348	417	83	167	250	333	417	500
2,2	59	118	177	235	294	353	71	142	213	284	355	426	85	170	256	341	426	511
2,4	60	120	181	241	301	361	73	145	218	290	363	435	87	174	261	348	435	522
2,6	61	123	184	245	307	368	74	148	222	296	370	444	89	178	267	355	444	533
2,8	63	125	188	250	313	375	75	151	226	301	377	452	91	181	272	362	453	543
3	64	127	191	255	318	382	77	153	230	307	383	460	92	184	276	368	460	552

TABLEAU 2
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DE KYSTES DE *GIARDIA* PAR LE CHLORE LIBRE À UNE TEMP. DE 5 °C

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH <= 6 Inactivation (en log)						pH = 6,5 Inactivation (en log)						pH = 7 Inactivation (en log)						pH = 7,5 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
<= 0,4	16	32	49	65	81	97	20	39	59	78	98	117	23	46	70	93	116	139	28	55	83	111	138	166
0,6	17	33	50	67	83	100	20	40	60	80	100	120	24	48	72	95	119	143	29	57	86	114	143	171
0,8	17	34	52	69	86	103	20	41	61	81	102	122	24	49	73	97	122	146	29	58	88	117	146	175
1	18	35	53	70	88	105	21	42	63	83	104	125	25	50	75	99	124	149	30	60	90	119	149	179
1,2	18	36	54	71	89	107	21	42	64	85	106	127	25	51	76	101	127	152	31	61	92	122	153	183
1,4	18	36	55	73	91	109	22	43	65	87	108	130	26	52	78	103	129	155	31	62	94	125	156	187
1,6	19	37	56	74	93	111	22	44	66	88	110	132	26	53	79	105	132	158	32	64	96	128	160	192
1,8	19	38	57	76	95	114	23	45	68	90	113	135	27	54	81	108	135	162	33	65	98	131	163	196
2	19	39	58	77	97	116	23	46	69	92	115	138	28	55	83	110	138	165	33	67	100	133	167	200
2,2	20	39	59	79	98	118	23	47	70	93	117	140	28	56	85	113	141	169	34	68	102	136	170	204
2,4	20	40	60	80	100	120	24	48	72	95	119	143	29	57	86	115	143	172	35	70	105	139	174	209
2,6	20	41	61	81	102	122	24	49	73	97	122	146	29	58	88	117	146	175	36	71	107	142	178	213
2,8	21	41	62	83	103	124	25	49	74	99	123	148	30	59	89	119	148	178	36	72	109	145	181	217
3	21	42	63	84	105	126	25	50	76	101	126	151	30	61	91	121	152	182	37	74	111	147	184	221

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH = 8 Inactivation (en log)						pH = 8,5 Inactivation (en log)						pH <= 9 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
<= 0,4	33	66	99	132	165	198	39	79	118	157	197	236	47	93	140	186	233	279
0,6	34	68	102	136	170	204	41	81	122	163	203	244	49	97	146	194	243	291
0,8	35	70	105	140	175	210	42	84	126	168	210	252	50	100	151	201	251	301
1	36	72	108	144	180	216	43	87	130	173	217	260	52	104	156	208	260	312
1,2	37	74	111	147	184	221	45	89	134	178	223	267	53	107	160	213	267	320
1,4	38	76	114	151	189	227	46	91	137	183	228	274	55	110	165	219	274	329
1,6	39	77	116	155	193	232	47	94	141	187	234	281	56	112	169	225	281	337
1,8	40	79	119	159	198	238	48	96	144	191	239	287	58	115	173	230	288	345
2	41	81	122	162	203	243	49	98	147	196	245	294	59	118	177	235	294	353
2,2	41	83	124	165	207	248	50	100	150	200	250	300	60	120	181	241	301	361
2,4	42	84	127	169	211	253	51	102	153	204	255	306	61	123	184	245	307	368
2,6	43	86	129	172	215	258	52	104	156	208	260	312	63	125	188	250	313	375
2,8	44	88	132	175	219	263	53	106	159	212	265	318	64	127	191	255	318	382
3	45	89	134	179	223	268	54	108	162	216	270	324	65	130	195	259	324	389

TABLEAU 3
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DE KYSTES DE *GIARDIA* PAR LE CHLORE LIBRE À UNE TEMP. DE 10 °C

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH < = 6 Inactivation (en log)						pH = 6,5 Inactivation (en log)						pH = 7 Inactivation (en log)						pH = 7,5 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	12	24	37	49	61	73	15	29	44	59	73	88	17	35	52	69	87	104	21	42	63	83	104	125
0,6	13	25	38	50	63	75	15	30	45	60	75	90	18	36	54	71	89	107	21	43	64	85	107	128
0,8	13	26	39	52	65	78	15	31	46	61	77	92	18	37	55	73	92	110	22	44	66	87	109	131
1	13	26	40	53	66	79	16	31	47	63	78	94	19	37	56	75	93	112	22	45	67	89	112	134
1,2	13	27	40	53	67	80	16	32	48	63	79	95	19	38	57	76	95	114	23	46	69	91	114	137
1,4	14	27	41	55	68	82	16	33	49	65	82	98	19	39	58	77	97	116	23	47	70	93	117	140
1,6	14	28	42	55	69	83	17	33	50	66	83	99	20	40	60	79	99	119	24	48	72	96	120	144
1,8	14	29	43	57	72	86	17	34	51	67	84	101	20	41	61	81	102	122	25	49	74	98	123	147
2	15	29	44	58	73	87	17	35	52	69	87	104	21	41	62	83	103	124	25	50	75	100	125	150
2,2	15	30	45	59	74	89	18	35	53	70	88	105	21	42	64	85	106	127	26	51	77	102	128	153
2,4	15	30	45	60	75	90	18	36	54	71	89	107	22	43	65	86	108	129	26	52	79	105	131	157
2,6	15	31	46	61	77	92	18	37	55	73	92	110	22	44	66	87	109	131	27	53	80	107	133	160
2,8	16	31	47	62	78	93	19	37	56	74	93	111	22	45	67	89	112	134	27	54	82	109	136	163
3	16	32	48	63	79	95	19	38	57	75	94	113	23	46	69	91	114	137	28	55	83	111	138	166

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH = 8 Inactivation (en log)						pH = 8,5 Inactivation (en log)						pH < = 9 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	25	50	75	99	124	149	30	59	89	118	148	177	35	70	105	139	174	209
0,6	26	51	77	102	128	153	31	61	92	122	153	183	36	73	109	145	182	218
0,8	26	53	79	105	132	158	32	63	95	126	158	189	38	75	113	151	188	226
1	27	54	81	108	135	162	33	65	98	130	163	195	39	78	117	156	195	234
1,2	28	55	83	111	138	166	33	67	100	133	167	200	40	80	120	160	200	240
1,4	28	57	85	113	142	170	34	69	103	137	172	206	41	82	124	165	206	247
1,6	29	58	87	116	145	174	35	70	106	141	176	211	42	84	127	169	211	253
1,8	30	60	90	119	149	179	36	72	108	143	179	215	43	86	130	173	216	259
2	30	61	91	121	152	182	37	74	111	147	184	221	44	88	133	177	221	265
2,2	31	62	93	124	155	186	38	75	113	150	188	225	45	90	136	181	226	271
2,4	32	63	95	127	158	190	38	77	115	153	192	230	46	92	138	184	230	276
2,6	32	65	97	129	162	194	39	78	117	156	195	234	47	94	141	187	234	281
2,8	33	66	99	131	164	197	40	80	120	159	199	239	48	96	144	191	239	287
3	34	67	101	134	168	201	41	81	122	162	203	243	49	97	146	195	243	292

TABLEAU 4
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DE KYSTES DE *GIARDIA* PAR LE CHLORE LIBRE À UNE TEMP. DE 15 °C

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH < = 6 Inactivation (en log)						pH = 6,5 Inactivation (en log)						pH = 7 Inactivation (en log)						pH = 7,5 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	8	16	25	33	41	49	10	20	30	39	49	59	12	23	35	47	58	70	14	28	42	55	69	83
0,6	8	17	25	33	42	50	10	20	30	40	50	60	12	24	36	48	60	72	14	29	43	57	72	86
0,8	9	17	26	35	43	52	10	20	31	41	51	61	12	24	37	49	61	73	15	29	44	59	73	88
1	9	18	27	35	44	53	11	21	32	42	53	63	13	25	38	50	63	75	15	30	45	60	75	90
1,2	9	18	27	36	45	54	11	21	32	43	53	64	13	25	38	51	63	76	15	31	46	61	77	92
1,4	9	18	28	37	46	55	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78	16	31	47	63	78	94
1,6	10	19	28	37	47	56	11	22	33	44	55	66	13	26	40	53	66	79	16	32	48	64	80	96
1,8	10	19	29	38	48	57	11	23	34	45	57	68	14	27	41	54	68	81	16	33	49	65	82	98
2	10	19	29	39	48	58	12	23	35	46	58	69	14	28	42	55	69	83	17	33	50	67	83	100
2,2	10	20	30	39	49	59	12	23	35	47	58	70	14	28	43	57	71	85	17	34	51	68	85	102
2,4	10	20	30	40	50	60	12	24	36	48	60	72	14	29	43	57	72	86	18	35	53	70	88	105
2,6	10	20	31	41	51	61	12	24	37	49	61	73	15	29	44	59	73	88	18	36	54	71	89	107
2,8	10	21	31	41	52	62	12	25	37	49	62	74	15	30	45	59	74	89	18	36	55	73	91	109
3	11	21	32	42	53	63	13	25	38	51	63	76	15	30	46	61	76	91	19	37	56	74	93	111

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH = 8 Inactivation (en log)						pH = 8,5 Inactivation (en log)						pH < = 9 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	17	33	50	66	83	99	20	39	59	79	98	118	23	47	70	93	117	140
0,6	17	34	51	68	85	102	20	41	61	81	102	122	24	49	73	97	122	146
0,8	18	35	53	70	88	105	21	42	63	84	105	126	25	50	76	101	126	151
1	18	36	54	72	90	108	22	43	65	87	108	130	26	52	78	104	130	156
1,2	19	37	56	74	93	111	22	45	67	89	112	134	27	53	80	107	133	160
1,4	19	38	57	76	95	114	23	46	69	91	114	137	28	55	83	110	138	165
1,6	19	39	58	77	97	116	24	47	71	94	118	141	28	56	85	113	141	169
1,8	20	40	60	79	99	119	24	48	72	96	120	144	29	58	87	115	144	173
2	20	41	61	81	102	122	25	49	74	98	123	147	30	59	89	118	148	177
2,2	21	41	62	83	103	124	25	50	75	100	125	150	30	60	91	121	151	181
2,4	21	42	64	85	106	127	26	51	77	102	128	153	31	61	92	123	153	184
2,6	22	43	65	86	108	129	26	52	78	104	130	156	31	63	94	125	157	188
2,8	22	44	66	88	110	132	27	53	80	106	133	159	32	64	96	127	159	191
3	22	45	67	89	112	134	27	54	81	108	135	162	33	65	98	130	163	195

TABLEAU 5
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DE KYSTES DE *GIARDIA* PAR LE CHLORE LIBRE À UNE TEMP. DE 20 °C

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH <= 6 Inactivation (en log)						pH = 6,5 Inactivation (en log)						pH = 7 Inactivation (en log)						pH = 7,5 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
<= 0,4	6	12	18	24	30	36	7	15	22	29	37	44	9	17	26	35	43	52	10	21	31	41	52	62
0,6	6	13	19	25	32	38	8	15	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54	11	21	32	43	53	64
0,8	7	13	20	26	33	39	8	15	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55	11	22	33	44	55	66
1	7	13	20	26	33	39	8	16	24	31	39	47	9	19	28	37	47	56	11	22	34	45	56	67
1,2	7	13	20	27	33	40	8	16	24	32	40	48	10	19	29	38	48	57	12	23	35	46	58	69
1,4	7	14	21	27	34	41	8	16	25	33	41	49	10	19	29	39	48	58	12	23	35	47	58	70
1,6	7	14	21	28	35	42	8	17	25	33	42	50	10	20	30	39	49	59	12	24	36	48	60	72
1,8	7	14	22	29	36	43	9	17	26	34	43	51	10	20	31	41	51	61	12	25	37	49	62	74
2	7	15	22	29	37	44	9	17	26	35	43	52	10	21	31	41	52	62	13	25	38	50	63	75
2,2	7	15	22	29	37	44	9	18	27	35	44	53	11	21	32	42	53	63	13	26	39	51	64	77
2,4	8	15	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78
2,6	8	15	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55	11	22	33	44	55	66	13	27	40	53	67	80
2,8	8	16	24	31	39	47	9	19	28	37	47	56	11	22	34	45	56	67	14	27	41	54	68	81
3	8	16	24	31	39	47	10	19	29	38	48	57	11	23	34	45	57	68	14	28	42	55	69	83

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH = 8 Inactivation (en log)						pH = 8,5 Inactivation (en log)						pH <= 9 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
<= 0,4	12	25	37	49	62	74	15	30	45	59	74	89	18	35	53	70	88	105
0,6	13	26	39	51	64	77	15	31	46	61	77	92	18	36	55	73	91	109
0,8	13	26	40	53	66	79	16	32	48	63	79	95	19	38	57	75	94	113
1	14	27	41	54	68	81	16	33	49	65	82	98	20	39	59	78	98	117
1,2	14	28	42	55	69	83	17	33	50	67	83	100	20	40	60	80	100	120
1,4	14	28	43	57	71	85	17	34	52	69	86	103	21	41	62	82	103	123
1,6	15	29	44	58	73	87	18	35	53	70	88	105	21	42	63	84	105	126
1,8	15	30	45	59	74	89	18	36	54	72	90	108	22	43	65	86	108	129
2	15	30	46	61	76	91	18	37	55	73	92	110	22	44	66	88	110	132
2,2	16	31	47	62	78	93	19	38	57	75	94	113	23	45	68	90	113	135
2,4	16	32	48	63	79	95	19	38	58	77	96	115	23	46	69	92	115	138
2,6	16	32	49	65	81	97	20	39	59	78	98	117	24	47	71	94	118	141
2,8	17	33	50	66	83	99	20	40	60	79	99	119	24	48	72	95	119	143
3	17	34	51	67	84	101	20	41	61	81	102	122	24	49	73	97	122	146

TABLEAU 6
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DE KYSTES DE *GIARDIA* PAR LE CHLORE LIBRE À UNE TEMP. DE 25 °C

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH < = 6 Inactivation (en log)						pH = 6,5 Inactivation (en log)						pH = 7 Inactivation (en log)						pH = 7,5 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	4	8	12	16	20	24	5	10	15	19	24	29	6	12	18	23	29	35	7	14	21	28	35	42
0,6	4	8	13	17	21	25	5	10	15	20	25	30	6	12	18	24	30	36	7	14	22	29	36	43
0,8	4	9	13	17	22	26	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	7	15	22	29	37	44
1	4	9	13	17	22	26	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	8	15	23	30	38	45
1,2	5	9	14	18	23	27	5	11	16	21	27	32	6	13	19	25	32	38	8	15	23	31	38	46
1,4	5	9	14	18	23	27	6	11	17	22	28	33	7	13	20	26	33	39	8	16	24	31	39	47
1,6	5	9	14	19	23	28	6	11	17	22	28	33	7	13	20	27	33	40	8	16	24	32	40	48
1,8	5	10	15	19	24	29	6	11	17	23	28	34	7	14	21	27	34	41	8	16	25	33	41	49
2	5	10	15	19	24	29	6	12	18	23	29	35	7	14	21	27	34	41	8	17	25	33	42	50
2,2	5	10	15	20	25	30	6	12	18	23	29	35	7	14	21	28	35	42	9	17	26	34	43	51
2,4	5	10	15	20	25	30	6	12	18	24	30	36	7	14	22	29	36	43	9	17	26	35	43	52
2,6	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	7	15	22	29	37	44	9	18	27	35	44	53
2,8	5	10	16	21	26	31	6	12	19	25	31	37	8	15	23	30	38	45	9	18	27	36	45	54
3	5	11	16	21	27	32	6	13	19	25	32	38	8	15	23	31	38	46	9	18	28	37	46	55

Concentration de chlore libre (en mg/l)	pH = 8 Inactivation (en log)						pH = 8,5 Inactivation (en log)						pH < = 9 Inactivation (en log)					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
< = 0,4	8	17	25	33	42	50	10	20	30	39	49	59	12	23	35	47	58	70
0,6	9	17	26	34	43	51	10	20	31	41	51	61	12	24	37	49	61	73
0,8	9	18	27	35	44	53	11	21	32	42	53	63	13	25	38	50	63	75
1	9	18	27	36	45	54	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78
1,2	9	18	28	37	46	55	11	22	34	45	56	67	13	27	40	53	67	80
1,4	10	19	29	38	48	57	12	23	35	46	58	69	14	27	41	55	68	82
1,6	10	19	29	39	48	58	12	23	35	47	58	70	14	28	42	56	70	84
1,8	10	20	30	40	50	60	12	24	36	48	60	72	14	29	43	57	72	86
2	10	20	31	41	51	61	12	25	37	49	62	74	15	29	44	59	73	88
2,2	10	21	31	41	52	62	13	25	38	50	63	75	15	30	45	60	75	90
2,4	11	21	32	42	53	63	13	26	39	51	64	77	15	31	46	61	77	92
2,6	11	22	33	43	54	65	13	26	39	52	65	78	16	31	47	63	78	94
2,8	11	22	33	44	55	66	13	27	40	53	67	80	16	32	48	64	80	96
3	11	22	34	45	56	67	14	27	41	54	68	81	16	32	49	65	81	97

TABLEAU 7
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES VIRUS PAR LE CHLORE LIBRE

Température (°C)	Inactivation (en log)					
	2		3		4	
	pH		pH		pH	
	De 6 à 9	10	De 6 à 9	10	De 6 à 9	10
0,5	6	45	9	66	12	90
5	4	30	6	44	8	60
10	3	22	4	33	6	45
15	2	15	3	22	4	30
20	1	11	2	16	3	22
25	1	7	1	11	2	15

TABLEAU 8
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES KYSTES DE *GIARDIA* PAR LE DIOXYDE DE CHLORE

Inactivation	Température (°C)					
	≤ 1	5	10	15	20	25
0,5 log	10	4,3	4	3,2	2,5	2
1 log	21	8,7	7,7	6,3	5	3,7
1,5 log	32	13	12	10	7,5	5,5
2 log	42	17	15	13	10	7,3
2,5 log	52	22	19	16	13	9
3 log	63	26	23	19	15	11

TABLEAU 9
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES VIRUS PAR LE DIOXYDE DE CHLORE

Inactivation	Température (°C)					
	≤ 1	5	10	15	20	25
2 log	8,4	5,6	4,2	2,8	2,1	1,4
3 log	25,6	17,1	12,8	8,6	6,4	4,3
4 log	50,1	33,4	25,1	16,7	12,5	8,4

TABLEAU 10

VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES OOCYSTES DE ***CRYPTOSPORIDIUM*** PAR L'OZONE

Inactivation	Température (°C)								
	1	**2**	**3**	**5**	**7**	**10**	**15**	**20**	**25**
0,5	12	10	9,5	7,9	6,5	4,9	3,1	2,0	1,2
1	23	21	19	16	13	9,9	6,2	3,9	2,5
1,5	35	31	29	24	20	15	9,3	5,9	3,7
2	46	42	38	32	26	20	12	7,8	4,9
2,5	58	52	48	40	33	25	16	9,8	6,2
3	69	63	57	47	39	30	19	12	7,4

TABLEAU 11

VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES KYSTES DE *GIARDIA* PAR L'OZONE

Inactivation	Température (°C)					
	≤ 1	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**
0,5 log	0,48	0,32	0,23	0,16	0,12	0,08
1 log	0,97	0,63	0,48	0,32	0,24	0,16
1,5 log	1,5	0,95	0,72	0,48	0,36	0,24
2 log	1,9	1,3	0,95	0,63	0,48	0,32
2,5 log	2,4	1,6	1,2	0,79	0,6	0,4
3 log	2,9	1,9	1,43	0,95	0,72	0,48

TABLEAU 12

VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES VIRUS PAR L'OZONE

Inactivation	Température (°C)					
	≤ 1	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**
2 log	0,9	0,6	0,5	0,3	0,25	0,15
3 log	1,4	0,9	0,8	0,5	0,4	0,25
4 log	1,8	1,2	1	0,6	0,5	0,3

TABLEAU 13
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES KYSTES DE *GIARDIA* PAR LA CHLORAMINE, À UN pH DE 6 À 9

Inactivation	Température (°C)					
	≤ 1	5	10	15	20	25
0,5 log	635	365	310	250	185	125
1 log	1 270	735	615	500	370	250
1,5 log	1 900	1 100	930	750	550	375
2 log	2 535	1 470	1 230	1 000	735	500
2,5 log	3 170	1 830	1 540	1 250	915	625
3 log	3 800	2 200	1 850	1 500	1 100	750

TABLEAU 14
VALEURS CT POUR L'INACTIVATION DES VIRUS PAR LA CHLORAMINE, À UN pH DE 6 À 9

Inactivation	Température (°C)					
	≤ 1	5	10	15	20	25
2 log	1 243	857	643	428	321	214
3 log	2 063	1 423	1 067	712	534	356
4 log	2 883	1 988	1 491	994	746	497